

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:

Jan EHRHARD et al.

Application No.: **10/694,738**

Filing Date: 29 October 2003

Title: Emergency Cooling System for a
Thermally Loaded Component

Art Unit: [to be assigned]

Examiner: [to be assigned]

Atty. Ref. No.: 003-092

**SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF APPLICATION IN SUPPORT OF A
CLAIM FOR PRIORITY UNDER 35 U.S.C. § 119**

Commissioner For Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

Applicant submits herewith a certified copy of the prior application identified below, in support of a claim for priority under 35 U.S.C. § 119 in the above-identified patent application:

Country	Priority Document Appl. No.	Filing Date
DE	102 50 779.1	30 October 2002

Prompt acknowledgment of this claim and submission is respectfully requested.

Respectfully submitted,

Date: 11 Feb. 2004

Adam J. Cermak
Reg. No. 40,391

U.S. P.T.O. Customer Number 36844
Law Office of Adam J. Cermak
P.O. Box 7518
Alexandria, VA 22307



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 102 50 779.1

Anmeldetag: 30. Oktober 2002

Anmelder/Inhaber: ALSTOM (Switzerland) Ltd.,
Baden/CH

Bezeichnung: Notkühlsystem für ein hitzebelastetes
Bauteil

IPC: F 01 D, F 02 C

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 25. September 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Brosig

Notkühlsystem für ein hitzebelastetes Bauteil

Technisches Gebiet

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Notkühlsystem für ein im Betrieb hitzebelastetes Bauteil, insbesondere einer Turbine, mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1. Die Erfindung betrifft außerdem einen Stopfen sowie ein Bauteil, die sich für eine Verwendung in einem solchen Notkühlsystem eignen.

Stand der Technik

Hitzebelastete Bauteile finden sich beispielsweise in Gasturbinen. Insbesondere sind dort Leitschaufeln, Laufschaufeln und Hitzeschilde Heißgasströmungen ausgesetzt. Diese Komponenten müssen aufgrund der Temperaturen der sie umgebenden Heißgasen gekühlt werden. Eine besondere Schwierigkeit besteht darin, bestimmte, der Hitzebelastung in besonderem Maße ausgesetzte Bereiche der jeweiligen Komponenten zuverlässig zu kühlen. Einer dieser bestimmten Bereiche ist beispielsweise ein Deckband bzw. ein Deckbandelement der Schaufel sowie eine Kavität, die sich zwischen Rippen des Deckbandelements bildet. Hier muss intensiv gekühlt werden, um einer Überhitzung sicher vorzubeugen. Eine Überhitzung an dieser Stelle führt zu Oxidation und zu einer

Deformation des Deckbandelements und somit zu einem größeren Spalt zwischen dem der Turbinenschaufel gegenüberliegenden Wärmeschutzschild und der Turbinenschaufel selbst. Ein vergrößerter Spalt führt zu einer größeren Menge an Heißgas, das in die Kavität strömt und somit zu einer weiteren Überhitzung mit fatalen Folgen für die Gasturbine führt. Die Kühlung des jeweiligen, hitzebelasteten Bauteils, zum Beispiel eines Turbinenbauteils, ist auf einen Nennbetriebspunkt des damit ausgestatteten Geräts, zum Beispiel einer Gasturbine, ausgelegt, um so in diesem Nennbetriebspunkt die erforderliche Kühlung zu gewährleisten. Dennoch kann es zu Betriebszuständen kommen, in denen die Hitzebelastung des jeweiligen Bauteils die für den Nennbetriebszustand vorgesehene Hitzebelastung übersteigt. Aus Effizienzgründen ist jedoch die Kühlung auf das für den Auslegungspunkt erforderliche Maß beschränkt, um im Auslegungspunkt eine energieverbrauchende, unnötige Kühlung zu vermeiden.

Aus der am Anmeldetag der vorliegenden Patentanmeldung noch nicht veröffentlichten deutschen Patentanmeldung DE 102 25 264.5 vom 07.06.2002 ist eine luftgekühlte Turbinenschaufel bekannt, die an einer Schaufelspitze ein sich senkrecht zur Schaufellängsachse erstreckendes Deckbandelement aufweist. Dieses Deckbandelement ist zwecks Kühlung mit wenigstens einer Kühlluftbohrung durchzogen, die eingangsseitig mit wenigstens einem durch die Turbinenschaufel verlaufenden Kühlluftkanal in Verbindung steht und die ausgangsseitig in den die Turbinenschaufel umgebenden Außenraum mündet. In der Kühlluftbohrung befindet sich ein Ventil, das sich in Abhängigkeit von der Temperatur des umgebenden Außenraums öffnet. Unter anderem kann dieses Ventil durch einen Stopfen gebildet sein, der aus einem Material besteht, das schmilzt, sofern eine bestimmte Temperatur erreicht ist. Hierdurch wird erreicht, dass bei normalem Betrieb der Turbinenschaufel der Stopfen die Kühlluftbohrung verschlossen hält und diese erst dann öffnet, wenn die Spitze der

Turbinenschaufel zu überhitzen droht, das heißt in Situationen, in denen eine außergewöhnlich große thermische Belastung vorliegt. Auf diese Weise kann eine Überhitzung der Turbinenschaufel verhindert werden. Durch diese Bauweise wird somit ein Notkühlsystem bereitgestellt, das für den Fall, dass die Hitzebelastung des Bauteils eine vorbestimmte Grenze übersteigt, durch Aufschmelzen des Stopfens eine Notkühlöffnung freigibt, durch welche dann die Kühlluft in den überhitzten Außenraum austreten kann. Hierdurch ergibt sich zum einen eine Absenkung der Mischtemperatur in der Umgebung des zu kühlenden Bauteils, wodurch dessen thermische Belastung verringert wird. Zum anderen führt die Kühlluftausblasung zu einer Druckerhöhung in der Umgebung des zu kühlenden Bauteils, wodurch sich der das Bauteil beaufschlagende Massenstrom an Heißgas reduziert, was ebenfalls die thermische Belastung des Bauteils verringert.

Aus der oben genannten DE 102 25 264.5 geht nicht hervor, wie der Stopfen in die Kühlluftbohrung eingebracht werden kann. Denkbar wäre beispielsweise, den Stopfen während der Herstellung der jeweiligen Turbinenschaufel in die Kühlluftbohrung einzugießen. Allerdings kann sich bei dieser Vorgehensweise das nachträgliche Ersetzen eines im Notfall ausgeschmolzenen Stopfens relativ aufwändig gestalten.

Darstellung der Erfindung

Hier setzt die Erfindung an. Die vorliegende Erfindung beschäftigt sich mit dem Problem, für ein Notkühlsystem der eingangs genannten Art eine verbesserte Ausführungsform anzugeben, die insbesondere eine vereinfachte Wartung ermöglicht.

Dieses Problem wird erfindungsgemäß durch die Gegenstände der unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

Die vorliegende Erfindung beruht auf dem allgemeinen Gedanken, das Bauteil und den oder die zugehörigen Stopfen als separate Körper auszubilden, so dass der Stopfen ein Einselelement bildet, das in die dafür vorgesehene Notkühlöffnung des Bauteils einsetzbar ist und in dieser Notkühlöffnung mit dem Bauteil verbindbar ist. Durch diese Bauweise ist es grundsätzlich möglich, den Stopfen so auszugestalten, dass er – bei entsprechender Zugänglichkeit des Bauteils – auch im Einbauzustand des jeweiligen Bauteils in die zugehörige Notkühlöffnung einbringbar und ausreichend fest mit dem Bauteil verbindbar ist. Es ist klar, dass die Erstausrüstung des Bauteils mit dem Stopfen zweckmäßig vor dem Einbau des Bauteils erfolgen kann. Jedenfalls vereinfacht die vorgeschlagene Bauweise das Einbringen des Stopfens in die zugehörige Notkühlöffnung bei montiertem Bauteil, insbesondere dann, wenn nach einer Aktivierung des Notkühlsystems im Rahmen von Wartungsarbeiten die betroffene Notkühlöffnung bzw. die betroffenen Notkühlöffnungen wieder mit einem entsprechenden Stopfen verschlossen werden sollen.

In Abhängigkeit der für den Stopfen verwendeten Legierung kann es grundsätzlich möglich sein, den Stopfen dadurch mit dem Bauteil hinreichend fest zu verbinden, dass der Stopfen in die zugehörige Notkühlöffnung eingelötet oder eingeschweißt wird.

Bevorzugt wird jedoch eine Ausführungsform, bei welcher der Stopfen in der zugehörigen Notkühlöffnung formschlüssig mit dem Bauteil verbunden ist. Das bedeutet, dass der Stopfen und die Notkühlöffnung durch eine geeignete

Formgebung so aufeinander abgestimmt sind, dass der Stopfen nur im Notfall aus der Notkühlöffnung austreten kann, wenn er seine Form verändert.

Entsprechend einer vorteilhaften Weiterbildung kann der Stopfen eine erste Formschlusskontur aufweisen, während die Notkühlöffnung eine zweite Formschlusskontur besitzt, die komplementär zur ersten Formschlusskontur ausgebildet ist, wobei dann die beiden Formschlusskonturen so ausgebildet bzw. aufeinander abgestimmt sind, dass der Stopfen an der im Betrieb mit Hitze beaufschlagten ersten Wandseite des Bauteils in die Notkühlöffnung einsetzbar ist. Diese Bauweise erleichtert das Einbringen des Stopfens in die zugehörige Notkühlöffnung bei bereits montiertem Bauteil, beispielsweise dann, wenn der Stopfen nach einer Aktivierung des Notkühlsystems ersetzt werden muss. Beispielhaft können die Formschlusskonturen einen Schraubverschluss oder einen Bajonettverschluss ausbilden.

Gemäß einer besonders vorteilhaften Ausführungsform kann der Stopfen einen Stopfenkörper aufweisen, dessen Material eine vorbestimmte Schmelztemperatur besitzt, bei welcher das Notkühlsystem aktiviert werden soll, wobei dieser Stopfenkörper an seiner Außenseite eine Schutzschicht aufweist, die so ausgebildet ist, dass sie als Diffusionssperre zwischen dem Material des Stopfenkörpers und dem Material einer die Notkühlöffnung enthaltenden Wand dient und/oder dass sie den Stopfenkörper, insbesondere an der ersten Wandseite und/oder an der zweiten Wandseite, vor Oxidation und/oder Korrosion und/oder Erosion schützt. Insbesondere wenn es sich bei dem Bauteil um einen Bestandteil einer Turbine handelt, kann eine Langzeit-Beaufschlagung des Bauteils mit einer sehr hohen Temperatur dazu führen, dass Elemente der Stopfenlegierung in das Material des Bauteils diffundieren und/oder umgekehrt. Hierbei kann es zu einer Verschiebung des Schmelzpunkts des Stopfens kommen, so dass der Stopfen die Notkühlöffnung entweder zu früh oder zu spät

öffnet. Eine als Diffusionssperre ausgebildete Schutzschicht verhindert oder behindert eine derartige Diffusion. Des Weiteren können gerade Turbinenbestandteile in verstärktem Maße Oxidation, Korrosion und/oder Erosion ausgesetzt sein. Das hinsichtlich einer vorbestimmten Schmelztemperatur optimierte Material des Stopfenkörpers kann – je nach der für den Stopfenkörper verwendeten Legierung - diesen Angriffen, insbesondere bei den herrschenden hohen Temperaturen, nicht lange standhalten, so dass auch hierdurch die Funktionssicherheit des Notkühlsystems gefährdet sein kann. Durch eine entsprechend gestaltete Schutzschicht kann das empfindliche Material des Stopfenkörpers hinreichend vor Oxidation, Erosion bzw. Korrosion geschützt werden.

Weitere wichtige Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen, aus den Zeichnungen und aus der zugehörigen Figurenbeschreibung anhand der Zeichnungen.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung anhand der Zeichnungen näher erläutert, wobei sich gleiche Bezugszeichen auf gleiche oder ähnliche oder funktional gleiche Bauteile beziehen. Es zeigen, jeweils schematisch,

Fig. 1 eine Schnittansicht durch ein Bauteil, das mit einem Notkühlsystem nach der Erfindung ausgestattet ist bei verschlossener Notkühlöffnung,

Fig. 2 eine Ansicht wie in Fig. 1, jedoch bei geöffneter Notkühlöffnung.

Wege zur Ausführung der Erfindung

In den Fig. 1 und 2 ist ein im Betrieb hitzebelastetes Bauteil 1 dargestellt, wobei das Bauteil 1 in den gewählten Ausführungsformen exemplarisch durch eine Laufschaufel einer Turbine gebildet ist. Grundsätzlich kann das Bauteil 1 auch ein beliebiges anderes Bauteil sein, insbesondere ein Turbinenbauteil, wie zum Beispiel eine Leitschaufel oder ein Hitzeschild, das im Betrieb bzw. in der jeweiligen Anwendung einer Hitzebelastung ausgesetzt ist. Im Folgenden wird die Erfindung daher ohne Beschränkung der Allgemeinheit beispielhaft anhand der Turbinenschaufel 1 erläutert.

Die Turbinenschaufel 1 ist an ihrer Schaufelspitze 2 mit einem sich quer zur Schaufelspitze 2, in Umfangsrichtung erstreckenden Deckbandelement 3 ausgestattet. Das Deckbandelement 3 bildet dabei eine Wand des Bauteils 1, die im folgenden auch mit 3 bezeichnet wird. Die Turbinenschaufel 1 wird im Betrieb von Heißgas 4 angeströmt, das dabei auch in einen Ringraum 5 einströmt, der radial zwischen dem Deckbandelement 3 und einem Gehäuse 6 einer im Übrigen nicht dargestellten Gasturbine ausgebildet ist, in dem die Turbinenschaufel 1 gegenüberliegend angeordnet ist.

Das Deckbandelement 3 bildet mit anderen, hier nicht dargestellten, in Umfangsrichtung benachbarten Turbinenschaufeln 1 ein durchgehendes, mechanisch stabilisiertes Deckband. Das Deckbandelement 3 hat an seiner, von der Turbinenschaufel 1 abgewandten Oberseite zwei parallel in Bewegungsrichtung der Schaufelspitze 2 verlaufende Dichtrippen 7, die zusammen mit der gegenüberliegenden Gehäusewand 6 der Gasturbine eine durch Spalte 8 mit der Umgebung verbundene Kavität 9 bilden.


Die Turbinenschaufel 1 ist in ihrem Inneren teilweise hohl und von einem oder mehreren Kühlkanälen 10 durchzogen, die ein Kühlfluid, insbesondere Kühlluft 11, von einem in den Fig. 1 und 2 nicht dargestellten Schaufelfuß bis in die Schaufelspitze 2 leiten.

Das Bauteil 1, also hier die Turbinenschaufel 1, besitzt wenigstens eine Notkühlöffnung 12, die in der Wand 3, also hier im Deckbandelement 3, zwischen den Dichtrippen 7 ausgebildet ist. In Fig. 2 ist die Notkühlöffnung 12 geöffnet, wodurch ein Teilstrom 13 des Kühlfluids durch die Notkühlöffnung 12 vom Kühlkanal 10 in die Kavität 9 eintreten kann.

Das Bauteil 1 besitzt zumindest im Bereich der Notkühlöffnung 12 eine erste Wandseite 14, die der Kavität 9 ausgesetzt ist und somit im Betrieb der Gasturbine mit Hitze beaufschlagt ist, sowie eine zweite Wandseite 15, die dem Kühlkanal 10 ausgesetzt ist und somit im Betrieb der Gasturbine mit der Kühlfluidströmung 11 beaufschlagt ist. Bei geöffneter Notkühlöffnung 12 strömt daher Kühlfluid 13 von der zweiten Wandseite 15 zur ersten Wandseite 14.


In einem Ausgangszustand ist gemäß Fig. 1 die Notkühlöffnung 12 mit einem Stopfen 16 verschlossen. Dieser Stopfen 16 ist dabei so ausgebildet, dass er bei einer vorbestimmten Temperatur schmilzt und dadurch die Notkühlöffnung 12 freigibt. Die Notkühlöffnung 12 bildet mit dem ausschmelzbaren Stopfen 16 somit ein Notkühlsystem 17 für das Bauteil 1.

In einem Normalbetrieb der Gasturbine ist die Notkühlöffnung 12 durch den Stopfen 16 dicht verschlossen, so dass keine Kühlluft 11 vom Kühlkanal 10 in die Kavität 9 strömt und dieser Bereich somit nicht gesondert gekühlt ist. Die interne Kühlung durch den Kühlkanal 10 ist auf diesen Normalbetriebszustand der




Gasturbine ausgelegt, so dass keine Überhitzung der Turbinenschaufel 1 zu erwarten ist. Wenn jedoch die Gasturbine oberhalb des Nennbetriebspunkts betrieben wird, kommt es zu einer erhöhten thermischen Belastung der Turbinenschaufel 1. Sobald dann eine vorbestimmte Temperatur erreicht wird, wird das Notkühlsystem 17 aktiviert, indem der Stopfen 16 schmilzt und dadurch gemäß Fig. 2 die Notkühlöffnung 12 freigibt. Die Schmelztemperatur des Stopfens 16 ist dabei so gewählt, dass der Stopfen 16 schmilzt, wenn eine Überhitzung der Turbinenschaufel 1 bzw. des Deckbandelements 3 droht.

Das Ausblasen von Kühlluft 13 bei geöffneter Notkühlöffnung 12 führt zu einer Erhöhung des Drucks in der Kavität 9 und trägt damit zu einer Verkleinerung des in die Kavität 9 eindringenden Massenstroms an Heißgas 4 bei. Gleichzeitig wird dadurch auch die Mischtemperatur in diesem Bereich gesenkt, wodurch sich insgesamt die thermische Belastung des Deckbandelements 3 an der dem Gehäuse 6 zugewandten Oberseite, also an der ersten Wandseite 14 des Bauteils 1 verringert.




Erfindungsgemäß bildet der Stopfen 16 einen separat vom Bauteil 1, also separat von der Turbinenschaufel 1 bzw. separat vom Deckbandelement 3 hergestellten Körper. Der Stopfen 16 bildet somit ein Einsatzteil, das in die Notkühlöffnung 12 einsetzbar ist und im eingesetzten Zustand fest mit dem Bauteil 1 verbunden ist. Hierdurch ist es insbesondere möglich, während einer Wartung, bei montiertem Bauteil 1 den Stopfen 16 nach einer Aktivierung des Notkühlsystems 17 wieder zum Verschließen der Notkühlöffnung 12 in diese fest einzusetzen.

Dabei ist es grundsätzlich möglich, den Stopfen 16 in die Notkühlöffnung 12 einzulöten oder einzuschweißen, um den Stopfen 16 fest mit dem Bauteil 1 zu verbinden.



Bei der hier gezeigten Ausführungsform ist jedoch der Stopfen 16 in der Notkühlöffnung 12 durch einen Formschluss mit dem Bauteil 1 verbunden. Ein derartiger Formschluss kann grundsätzlich durch eine geeignete Paarung komplementärer Formschlusskonturen 18, 19 hergestellt werden, wobei dann eine erste Formschlusskontur 18 am Stopfen 16 ausgebildet ist, während eine dazu komplementäre zweite Formschlusskontur 19 in der Notkühlöffnung 12 am Bauteil 1 ausgebildet ist. Die Realisierung einer formschlüssigen Verbindung ist bei entsprechend vorbereiteten Elementen (Bauteil 1 und Stopfen 16) besonders einfach realisierbar und insbesondere im Rahmen einer Wartung durchführbar. Der Aufwand ist im Vergleich zu einer Schweißverbindung oder Lötverbindung hierbei deutlich reduziert. Dennoch kann es zweckmäßig sein, zusätzlich zur Formschlussverbindung 18, 19 eine Löt- oder Schweißverbindung, zum Beispiel zur Sicherung, vorzusehen.



Besonders zweckmäßig ist eine Ausführungsform, bei der die beiden Formschlusskonturen 18, 19 so aufeinander abgestimmt sind, dass der Stopfen 16 von der ersten Wandseite 14 her in die Notkühlöffnung 12 einsetzbar ist. Diese Ausführungsform berücksichtigt, dass die erste Wandseite 14 des Bauteils 1 zumindest im montierten Zustand regelmäßig besser zugänglich ist als die zweite Wandseite 15, wodurch sich dementsprechend eine Montageerleichterung ergibt.

Bei der hier gezeigten bevorzugten Ausführungsform bilden die beiden miteinander zusammenwirkenden Formschlusskonturen 18, 19 einen Schraubverschluss, das bedeutet, dass die erste Formschlusskontur 18 durch ein Außengewinde gebildet ist, das am Stopfen 16 angebracht ist und im Folgenden ebenfalls mit 18 bezeichnet wird. In entsprechender Weise ist dann die zweite Formschlusskontur 19 durch ein Innengewinde gebildet, das komplementär zum Außengewinde 18 ausgebildet ist und in der Notkühlöffnung 12 am Bauteil 1, also

hier am Deckbandelement 3 eingebracht ist und im Folgenden ebenfalls mit 19 bezeichnet wird. Durch diese Bauweise kann der Stopfen 16 besonders einfach in die zugehörige Notkühlöffnung 12 eingeschraubt werden. Es ist klar, dass dieser Schraubverschluss 18, 19 so ausgeführt ist, dass der Stopfen 16 mit hinreichender Festigkeit in der Notkühlöffnung 12 sitzt, derart, dass sich der Stopfen 16 im Betrieb des Bauteils 1 nicht selbsttätig ausschrauben kann.

Bei einer anderen Ausführungsform können die Formschlusskonturen 18, 19 einen Bajonettverschluss bilden, wobei dann der Stopfen 16 erste Bajonettverschlusselemente, zum Beispiel seitlich abstehende Zapfen, besitzt, während die Notkühlöffnung 12 entsprechende, komplementäre zweite Bajonettverschlusselemente, zum Beispiel geeignete Zapfenaufnahmen, aufweist, so dass der Stopfen 16 in der Notkühlöffnung 12 verankert werden kann.

Da Betriebszustände mit einer erhöhten Hitzebelastung bei Gasturbinen nicht zwangsläufig unzulässig lange auftreten, sondern auch kurzzeitig, noch innerhalb der Belastungsgrenzen des Bauteils 1 bzw. des Deckbandabschnitts 3, auftreten können, ist der Stopfen 16 zweckmäßig so ausgestaltet, dass er zumindest dann schmilzt, wenn er für eine vorbestimmte Zeitspanne mit der vorbestimmten Temperatur belastet ist. Diese Ausführungsform hat zur Folge, dass der Stopfen 16 kurzzeitig überhöhte Temperaturen übersteht und erst bei länger anhaltenden überhöhten Temperaturbelastungen schmilzt und die Notkühlöffnung 12 freigibt. Diese Auslegung führt dazu, dass die Notkühlöffnung 12 erst dann freigegeben wird, wenn eine erhöhte Wahrscheinlichkeit für eine thermische Überlastung des jeweiligen Bauteils 1 vorliegt.

Durch eine geeignete Materialauswahl für den Stopfen 16 kann dessen Schmelztemperatur gezielt so gewählt werden, dass diese einerseits größer ist

als eine Maximaltemperatur, die im Normalbetrieb des Bauteils 1 an der jeweils kritischen Stelle zulässig ist, und dass sie andererseits kleiner ist als die Schmelztemperatur des Bauteils 1 in diesem kritischen Bereich. Diese gezielte Abstimmung der Schmelztemperatur des Stopfens 16 vermeidet eine frühzeitige Öffnung der Notkühlöffnung 12 und kann zum Beispiel bei einer Anwendung in einer Gasturbine deren Effizienz steigern.

Um für den Fall, dass eine zusätzlich Kühlung des mit der Notkühlöffnung 12 ausgestatteten kritischen Bereichs des Bauteils 1 das Notkühlsystem 17 hinreichend schnell aktivieren zu können, wird der Stopfen 16 zweckmäßig so gestaltet, bzw. hinsichtlich seiner Legierung so gewählt, dass er bei Erreichen seiner Schmelztemperatur relativ schnell schmilzt. Bei dieser Auslegung gibt der Stopfen 16 bei der vorbestimmten kritischen Hitzebelastung entsprechend rasch die Notkühlöffnung 12 zur Aktivierung des Notkühlsystems 17 frei.

Vorzugsweise besitzt der Stopfen 16 einen Stopfenkörper 20, der mit einer Schutzschicht 21 umhüllt ist. Der massive Stopfenkörper 20 ist hinsichtlich seiner Legierung auf die vorbestimmte Schmelztemperatur abgestimmt. Im Unterschied dazu ist die Schutzschicht 21 so gewählt, dass sie bei den normalen Betriebstemperaturen den Stopfenkörper 20 zum Beispiel an der ersten Wandseite 14 und insbesondere auch an der zweiten Wandseite 15 vor Oxidation, Korrosion und Erosion schützt. Des Weiteren ist die Schutzschicht 21 zweckmäßig auch als Diffusionssperre ausgebildet, um zwischen dem Material des Stopfenkörpers 20 und dem Material des Bauteils 1 eine Diffusion von Legierungsbestandteilen vom Stopfenkörper 20 in das Bauteil 1 und/oder umgekehrt zu verhindern.

Zur Herstellung des Stopfenkörpers 20 wird zweckmäßig eine Ni-basierte Legierung verwendet, die neben Ni wenigstens einen der folgenden

Legierungsbestandteile enthält: Hf, Si, Zr, Cr, Al, Ti, Ta, Nb, B, Co. Um dem Stopfen 16 bzw. dem Stopfenkörper 20 eine vorbestimmte Schmelztemperatur T_m zu geben, kann die Ni-Legierung anhand folgender Gleichung ermittelt werden:

$$T_m = (1460 - 9,5 \times \text{Hf} - 30 \times \text{Si} - 170 \times \text{Zr} - 2,75 \times \text{Cr} - 9,4 \times \text{Al} - 10,6 \times \text{Ti} - 10,8 \times \text{Nb} - 208 \times \text{B} + 1 \times \text{Co})^\circ \text{C}$$

In dieser Gleichung werden die einzelnen für die Ni-Legierung ausgewählten Legierungsbestandteile jeweils mit ihrem prozentualen Gewichtsanteil eingesetzt. Der prozentuale Gewichtsanteil wird im Folgenden auch mit wt% oder kurz mit wt% bezeichnet. Beispiel: Die ausgewählte Ni-Legierung besteht zu 70 wt% aus Ni und zu 30 wt% aus Hf. Daraus ergibt sich für den Stopfen 16 bzw. für den Stopfenkörper 20 die Schmelztemperatur T_m wie folgt:

$$T_m = (1460 - 9,5 \times 30)^\circ \text{C} = 1175^\circ \text{C}$$

Das bedeutet, die Ni-Hf-Legierung mit 30 wt% Hf besitzt eine Schmelztemperatur von etwa 1 175° C.

Mit Hilfe der vorstehend genannten Gleichung kann somit besonders einfach die Auswirkung einer Variation der prozentualen Gewichtsanteile der einzelnen Legierungsbestandteile auf die erzielbare Schmelztemperatur T_m bestimmt werden.

Folgende Ni-Legierungen eignen sich in besonderer Weise zur Herstellung des Stopfens 16 bzw. des Stopfenkörpers 20:

Eine Ni-Hf-Legierung mit Hf von 25 bis 30 wt% und dem Rest aus Ni.

Eine Ni-Si-Legierung mit Si von 7 bis 12 wt% und dem Rest aus Ni.

Eine Ni-Hf-Si-Legierung mit Hf von 20 bis 30 wt%, Si von 5 bis 12 wt% und dem Rest aus Ni.

Eine Ni-Hf-Si-Cr-Al-Legierung mit Hf von 10 bis 30 wt%, Si von 5 bis 12 wt%, Cr von 5 bis 30 wt%, Al von 2 bis 5 wt% und dem Rest Ni.

Eine Ni-Hf-Cr-Al-Si-Co-Ti-Ta-Nb-Zr-Legierung mit Hf von 5 bis 20 wt%, Cr von 5 bis 30 wt%, Al von 2 bis 5 wt%, Si von 4 bis 12 wt%, Co von 0 bis 25 wt%, Ti von 0 bis 5 wt%, Ta von 0 bis 5 wt%, Nb von 0 bis 5 wt%, Zr von 0,3 bis 3 wt% und mit dem Rest aus Ni.

Eine Ni-Hf-Cr-Al-Si-Co-Ti-Ta-Nb-Zr-B-Legierung mit Hf von 5 bis 20 wt%, Cr von 5 bis 30 wt%, Al von 2 bis 5 wt%, Si von 4 bis 12 wt%, Co von 0 bis 25 wt%, Ti von 0 bis 5 wt%, Ta von 0 bis 5 wt%, Nb von 0 bis 5 wt%, Zr von 0,3 bis 3 wt%, B von 0 bis 2,5 wt% und dem Rest aus Ni.

Da B eine vergleichsweise große Diffusionsfähigkeit aufweist, ergibt sich für eine Ni-Legierung mit einem B-Legierungsbestandteil eine reduzierte Stabilität hinsichtlich des eingestellten Schmelzpunkts bei Langzeitbelastungen unter hohen Temperaturen. Dementsprechend kommt eine Ni-Legierung mit B-Legierungsbestandteilen zweckmäßig nur dann zur Anwendung, wenn der Stopfen 16 bzw. der Stopfenkörper 20 eine vergleichsweise niedrige Schmelztemperatur aufweisen soll.

Die Zugabe von Ta hat keinen bemerkenswerten Einfluss auf die Schmelztemperatur T_m , kann jedoch für die Ni-Legierung im Hinblick auf Oxidationsbeständigkeit und reduzierte Diffusionsneigung vorteilhaft sein.

Die Schutzschicht 21, mit welcher der Stopfenkörper 20 an seiner Außenseite überzogen ist, kann beispielsweise aus einer dünnen Pt-Schicht bestehen, die beispielsweise galvanisch aufgetragen wird und zum Beispiel 15 bis 80 micron dick ist. Ebenso ist es möglich, die Schutzschicht 21 aus einer Kombination einer Pt-Schicht mit einer Al-Schicht auszubilden, bei der beispielsweise Pt galvanisch auf den Stopfenkörper 20 aufgetragen wird, während dann auf die Pt-Schicht Al mittels einer chemischen Dampfbeschichtung (CVD-Technik) aufgetragen wird. Des Weiteren ist es möglich, die Schutzschicht nur aus einer Al-Schicht oder aus einer Al-Legierung-Schicht herzustellen. Auch diese Beschichtung ist relativ dünn und beträgt beispielsweise 15 bis 120 micron.

Bezugszeichenliste

1	Bauteil/Turbinenschaufel
2	Schaufelspitze
3	Wand/Deckbandelement
4	Heißgasströmung
5	Ringraum
6	Gehäuse
7	Dichtrippe
8	Spalt
9	Kavität
10	Kühlkanal
11	Kühlfluidströmung
12	Notkühlöffnung
13	Kühlfluidteilströmung
14	erste Wandseite
15	zweite Wandseite
16	Stopfen
17	Notkühlsystem
18	erste Formschlusskontur/Außengewinde von 16
19	zweite Formschlusskontur/Innengewinde von 12
20	Stopfenkörper
21	Schutzschicht

Patentansprüche

1. Notkühlsystem für ein im Betrieb hitzebelastetes Bauteil (1), insbesondere einer Turbine,

- wobei das Bauteil (1) eine Wand (3) aufweist, die im Betrieb an einer ersten Wandseite (14) mit Hitze und an einer zweiten Wandseite (15) mit einer Kühlfluidströmung (11) beaufschlagt ist,
- wobei die Wand (3) wenigstens eine mit einem Stopfen (16) verschlossene Notkühlöffnung (12) aufweist, durch die bei fehlendem Stopfen (16) Kühlfluid (13) von der zweiten Wandseite (15) zur ersten Wandseite (14) strömt,
- wobei der Stopfen (16) so ausgebildet ist, dass er bei einer vorbestimmten Temperatur schmilzt,

dadurch gekennzeichnet,

- dass der Stopfen (16) ein separat vom Bauteil (1) hergestellter Körper ist,
- dass der Stopfen (16) in die Notkühlöffnung (12) eingesetzt und darin mit dem Bauteil (1) verbunden ist.

2. Notkühlsystem nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

dass der Stopfen (16) in die zugehörige Notkühlöffnung (12) eingelötet oder eingeschweißt ist.

3. Notkühlsystem nach Anspruch 1 oder 2,

dadurch gekennzeichnet,

dass der Stopfen (16) in der zugehörigen Notkühlöffnung (12) formschlüssig mit dem Bauteil (1) verbunden ist.

4. Notkühlsystem nach Anspruch 3,

dadurch gekennzeichnet,

- dass der Stopfen (16) eine erste Formschlusskontur (18) aufweist,
- dass die Notkühlöffnung (12) eine zweite Formschlusskontur (19) aufweist, die komplementär zur ersten Formschlusskontur (18) ausgebildet ist,
- dass erste Formschlusskontur (18) und zweite Formschlusskontur (19) so ausgebildet sind, dass der Stopfen (16) an der im Betrieb mit Hitze beaufschlagten ersten Wandseite (14) in die Notkühlöffnung (12) einsetzbar ist.

5. Notkühlsystem nach Anspruch 3 oder 4,

dadurch gekennzeichnet,

- dass der Stopfen (16) ein Außengewinde (18) aufweist und in die zugehörige Notkühlöffnung (12) eingeschraubt ist, die ein zum Außengewinde (18) komplementäres Innengewinde (19) aufweist, oder
- dass der Stopfen (16) erste Bajonettverschlusselemente aufweist und in der zugehörigen Notkühlöffnung (12) verankert ist, die zu den ersten Bajonettverschlusselementen komplementäre zweite Bajonettverschlusselemente aufweist.

6. Notkühlsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 5,

dadurch gekennzeichnet,

dass der Stopfen (16) so ausgebildet ist, dass er schmilzt, wenn er für eine vorbestimmte Zeit der vorbestimmten oder einer höheren Temperatur ausgesetzt ist.

7. Notkühlsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 6,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Schmelztemperatur des Stopfens (16) so gewählt ist, dass sie größer ist als die für den Normalbetrieb des Bauteils (1) zulässige Maximaltemperatur und dass sie kleiner ist als die Schmelztemperatur des Bauteils (1).

8. Notkühlsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 7,

dadurch gekennzeichnet,

dass der Stopfen (16) so ausgebildet ist, dass er bei Erreichen seiner Schmelztemperatur relativ schnell schmilzt.

9. Notkühlsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 8,

dadurch gekennzeichnet,

- dass der Stopfen (16) einen Stopfenkörper (20) mit der vorbestimmten Schmelztemperatur aufweist,
- dass der Stopfenkörper (20) eine Schutzschicht (21) aufweist, die so ausgebildet ist, dass sie als Diffusionssperre zwischen dem Material des Stopfenkörpers (20) und dem Material der Wand (3) dient und/oder dass sie den Stopfenkörper (20) vor Oxidation und/oder Korrosion und/oder Erosion schützt.

10. Notkühlsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 9,

dadurch gekennzeichnet,

- dass der Stopfen (16) oder der Stopfenkörper (20) aus einer Ni-basierten Legierung besteht, die wenigstens einen der folgenden Legierungsbestandteile enthält: Hf, Si, Zr, Cr, Al, Ti, Nb, B, Co,
- dass zum Einstellen einer vorbestimmten Schmelztemperatur (T_m) für den Stopfen (16) oder für den Stopfenkörper (20) die prozentualen Gewichtsanteile

der einzelnen Legierungsbestandteile so gewählt sind, dass folgende Gleichung im wesentlichen gilt:

$$T_m = (1460 - 9,5 \times \text{Hf} - 30 \times \text{Si} - 170 \times \text{Zr} - 2,75 \times \text{Cr} - 9,4 \times \text{Al} - 10,6 \times \text{Ti} - 10,8 \times \text{Nb} - 208 \times \text{B} + 1 \times \text{Co})^\circ \text{C},$$

- wobei die einzelnen Legierungsbestandteile mit ihren prozentualen Gewichtsanteilen in die Gleichung eingesetzt sind.

11. Notkühlsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 10,

dadurch gekennzeichnet,

dass der Stopfen (16) oder Stopfenkörper (20) aus einer der folgenden Ni-basierten Legierungen besteht:

- Ni-Hf-Legierung mit Hf von 25 bis 30 wt% und dem Rest aus Ni,
- Ni-Si-Legierung mit Si von 7 bis 12 wt% und dem Rest aus Ni,
- Ni-Hf-Si-Legierung mit Hf von 20 bis 30 wt%, Si von 5 bis 12 wt% und dem Rest aus Ni,
- Ni-Hf-Si-Cr-Al-Legierung mit Hf von 10 bis 30 wt%, Si von 5 bis 12 wt%, Cr von 5 bis 30 wt%, Al von 2 bis 5 wt% und dem Rest Ni,
- Ni-Hf-Cr-Al-Si-Co-Ti-Ta-Nb-Zr-Legierung mit Hf von 5 bis 20 wt%, Cr von 5 bis 30 wt%, Al von 2 bis 5 wt%, Si von 4 bis 12 wt%, Co von 0 bis 25 wt%, Ti von 0 bis 5 wt%, Ta von 0 bis 5 wt%, Nb von 0 bis 5 wt%, Zr von 0,3 bis 3 wt% und mit dem Rest aus Ni.
- Ni-Hf-Cr-Al-Si-Co-Ti-Ta-Nb-Zr-B-Legierung mit Hf von 5 bis 20 wt%, Cr von 5 bis 30 wt%, Al von 2 bis 5 wt%, Si von 4 bis 12 wt%, Co von 0 bis 25 wt%, Ti von 0 bis 5 wt%, Ta von 0 bis 5 wt%, Nb von 0 bis 5 wt%, Zr von 0,3 bis 3 wt%, B von 0 bis 2,5 wt% und dem Rest aus Ni.

12. Notkühlsystem zumindest nach Anspruch 9,

dadurch gekennzeichnet,

- dass die Schutzschicht (21) aus einer dünnen Pt-Schicht besteht oder

- dass die Schutzschicht (21) aus einer Pt-Schicht und einer Al-Schicht besteht oder
- dass die Schutzschicht (21) aus einer Al-Schicht oder aus einer Al-Legierung-Schicht besteht.

13. Stopfen für ein im Betrieb hitzebelastetes Bauteil (1), insbesondere einer Turbine,

- wobei das Bauteil (1) eine Wand (3) aufweist, die im Betrieb an einer ersten Wandseite (14) mit Hitze und dann einer zweiten Wandseite (15) mit einer Kühlfluidströmung (11) beaufschlagt ist,
- wobei die Wand (3) wenigstens eine mit dem Stopfen (16) verschließbare Notkühlöffnung (12) aufweist, durch die bei fehlendem Stopfen (16) Kühlfluid (13) von der zweiten Wandseite (15) zur ersten Wandseite (14) strömt,
- wobei der Stopfen (16) so ausgebildet ist, dass er bei einer vorbestimmten Temperatur schmilzt,

dadurch gekennzeichnet,

- dass der Stopfen (16) ein separat vom Bauteil (1) hergestellter Körper ist,
- dass der Stopfen (16) eine erste Formschlusskontur (18) aufweist und in die Notkühlöffnung (12) einsetzbar ist,
- dass die erste Formschlusskontur (18) bei in die Notkühlöffnung (12) eingesetztem Stopfen (16) mit einer am Bauteil (1) ausgebildeten, komplementär zur ersten Formschlusskontur (18) ausgebildeten zweiten Formschlusskontur (19) zusammenwirkt und den Stopfen (16) formschlüssig mit dem Bauteil (1) verbindet.

14. Stopfen nach Anspruch 13,
gekennzeichnet durch die kennzeichnenden Merkmale wenigstens eines der Ansprüche 1 bis 12.

15. Im Betrieb mit Hitze beaufschlagtes Bauteil, insbesondere einer Turbine,

- wobei das Bauteil (1) eine Wand (3) aufweist, die im Betrieb an einer ersten Wandseite (14) mit Hitze und an einer zweiten Wandseite (15) mit einer Kühlfluidströmung (11) beaufschlagt ist,
- wobei die Wand (3) wenigstens eine mit einem Stopfen (16) verschließbare Notkühlöffnung (12) aufweist, durch die bei fehlendem Stopfen (16) Kühlfluid (13) von der zweiten Wandseite (15) zur ersten Wandseite (14) strömt,
- wobei der Stopfen (16) so ausgebildet ist, dass er bei einer vorbestimmten Temperatur schmilzt,


dadurch gekennzeichnet,

- dass das Bauteil (1) ein separat vom Stopfen (16) hergestellter Körper ist,
- dass das Bauteil (1) im Bereich der Notkühlöffnung (12) eine komplementär zu einer am Stopfen (16) ausgebildeten ersten Formschlusskontur (18) ausgebildete zweite Formschlusskontur (19) aufweist,
- dass der Stopfen (16) in die Notkühlöffnung (12) einsetzbar ist,
- dass die zweite Formschlusskontur (19) bei in die Notkühlöffnung (12) eingesetztem Stopfen (16) mit der ersten Formschlusskontur (18) zusammenwirkt und den Stopfen (16) formschlüssig mit dem Bauteil (1) verbindet.


16. Bauteil nach Anspruch 15,

gekennzeichnet durch die kennzeichnenden Merkmale wenigstens eines der Ansprüche 1 bis 12.

Zusammenfassung



Die vorliegende Erfindung betrifft ein Notkühlsystem (17) für ein im Betrieb hitzebelastetes Bauteil (1), insbesondere einer Turbine. Das Bauteil (1) weist eine Wand (3) auf, die im Betrieb an einer ersten Wandseite (14) mit Hitze und an einer zweiten Wandseite (15) mit einer Kühlfluidströmung (11) beaufschlagt ist. Die Wand (3) weist wenigstens eine mit einem Stopfen (16) verschlossene Notkühlöffnung (12) auf, durch die bei fehlendem Stopfen (16) Kühlfluid von der zweiten Wandseite (15) zur ersten Wandseite (14) strömt. Der Stopfen (16) ist so ausgebildet, dass er bei einer vorbestimmten Temperatur schmilzt.



Um das Einbringen des Stopfens (16) in die Notkühlöffnung (12) zu verbessern, ist der Stopfen (16) ein separat vom Bauteil (1) hergestellter Körper, wobei der Stopfen (16) in die Notkühlöffnung (12) eingesetzt und darin mit dem Bauteil (1) verbunden ist.

(Fig. 1)

